

文章编号:1001-6112(2012)05-0510-04

# 高分辨率阵列感应测井在薄层评价中的应用

张菲<sup>1</sup>, 孙培安<sup>1</sup>, 张乐<sup>2</sup>

(1. 中国石油化工股份有限公司江苏油田分公司地质科学研究院, 江苏扬州 225009;

2. 中国石油化工股份有限公司江苏油田分公司试采一厂, 江苏江都 225265)

**摘要:**薄层由于受围岩影响较大, 常规测井曲线难以有效的反映薄层的真实测井响应, 进而无法有效评价储层特性和解释储层参数。随着测井新技术的发展和日趋成熟, 高分辨率阵列感应测井已大批量投入到了实际生产中。根据研究表明, 阵列感应测井能够准确识别薄层、划分厚度、判断油水层等, 在薄层评价中具有明显的技术优势, 取得了很好的应用效果。

**关键词:**高分辨率; 阵列感应; 测井; 薄层评价

中图分类号: TE122.2<sup>+</sup>4

文献标识码: A

## Application of high resolution array induction logging in thin bed evaluation

Zhang Fei<sup>1</sup>, Sun Peian<sup>1</sup>, Zhang Le<sup>2</sup>

(1. Institute of Geological Sciences, SINOPEC Jiangsu Oilfield Company, Yangzhou, Jiangsu 225009, China;

2. No. 1 Production Test Plant, SINOPEC Jiangsu Oilfield Company, Jiangdu, Jiangsu 225265, China)

**Abstract:** Severely influenced by surrounding rocks, it is difficult to obtain real logging response of thin bed by conventional logging curves. As the development of new logging techniques, high resolution array induction logging has been widely applied in field productions. It can precisely identify thin bed, define thickness, and distinguish oil/water layer. It takes obvious advantage of thin bed reserve evaluation, and has gained good application effects.

**Key words:** high resolution; array induction; logging; thin bed evaluation

薄层由于其层薄, 受围岩影响较大, 而常规测井由于分辨率低, 确定的储层参数精度不够, 故薄层一直是储层评价的难点。阵列感应测井具有高纵向分辨率、深探测深度的特点<sup>[1]</sup>, 能更好地反映薄层的电阻率特征。本文重点介绍阵列感应测井在薄层评价中的应用。

## 1 高分辨率阵列感应测井简介

江苏油田常用的阵列感应测井仪是阿特拉斯公司的高分辨率阵列感应测井成像仪(HDIL), 它由同时工作在8种工作频率的7组三线圈系阵列组成, 测量112个原始实分量和虚分量信号, 通过软件对信号进行聚焦处理, 得到3种纵向分辨率、6种径向探测深度的18条电阻率曲线<sup>[2-4]</sup>。它的优势在于克服了常规电阻率测井纵向分辨率与径向探测深度矛盾的问题(表1<sup>[5]</sup>), 120 in探测深度能够反映原状地层的真电阻率, 同时1 ft的分辨率可以降低围岩的影响, 对于薄储层的研究具有重要的意义。

## 2 识别薄层方法

### 2.1 识别薄层

常规感应测井由于纵向分辨率低, 测量的薄层地层电阻率不精确。如果围岩是低阻泥岩, 往往会造成薄层电阻率值偏低。阵列感应测井既能满足纵向分辨率又能满足径向探测深度的要求, 在测井解释中可以很好地发现薄油层或薄夹层<sup>[6-9]</sup>。

表1 高分辨率阵列感应与常规感应性能对比  
Table 1 High resolution array induction logging vs. conventional induction logging

仪器性能	高分辨率阵列感应	常规感应
聚焦方式	软件聚焦	硬件聚焦
工作频率	8种频率	一种频率
测量曲线	6种探测深度、3种纵向分辨率	深、中2种探测深度曲线
探测深度	10, 20, 30, 60, 90, 120 in	中感应: 0.81 m; 深感应: 1.63 m
纵向分辨率	1, 2, 4 ft	约1.3 m
测量范围	0.2 ~ 2 000 Ω · m	0.2 ~ 200 Ω · m

收稿日期: 2012-05-17; 修订日期: 2012-07-25。

作者简介: 张菲(1985—), 女, 工程师, 从事储量综合研究与评价。E-mail: zhangfei.jsyt@sinopec.com。

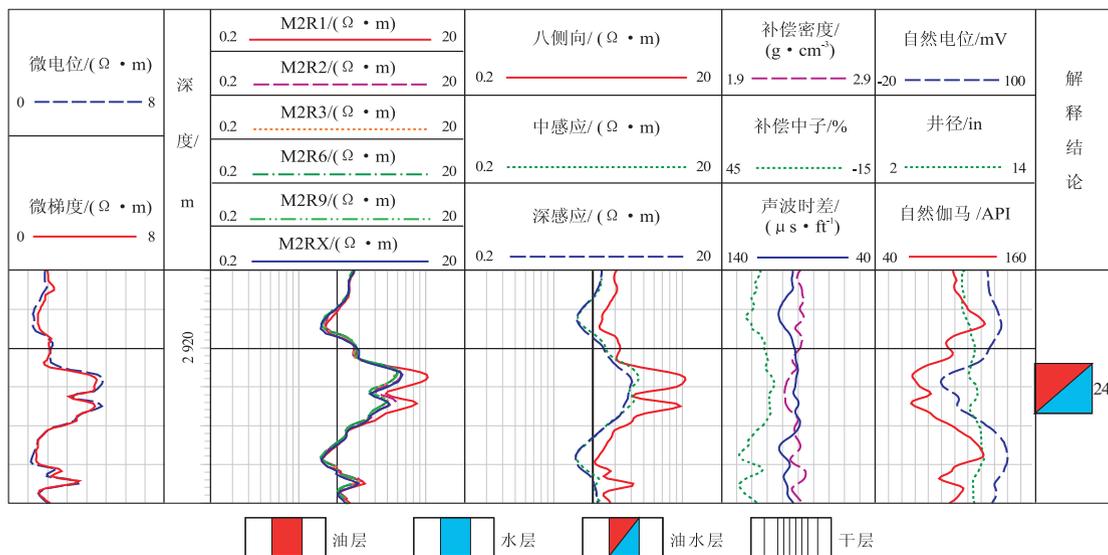


图1 WX3井阵列感应测井与双感应测井对比曲线

Fig. 1 Array induction logging vs. dual induction logging, well WX3

根据双感应测井解释 WX3 井 24 号层为 1 套砂岩储层,而 WX3 井阵列感应电阻率曲线表明 24 号层由 2 个薄砂岩层组成(图 1),中间夹有泥质条带,但常规双感应电阻率曲线对这个泥质夹层基本没有反应。随着阵列感应测井的大量应用,能够更有效地发现薄储层。

### 2.2 划分薄层厚度

薄层厚度是储层评价的一项重要参数,一般采用电阻率异常的半幅点来确定储层界面,进而确定储层厚度。八侧向电阻率曲线的分辨率比常规双感应高,利用八侧向电阻率曲线划分的薄层视厚度与岩心厚度进行对比(图 2),分析认为八侧向曲线划分的薄层视厚度值偏大,故确定的薄层厚度精度不高。同样将 1 ft 纵向分辨率 120 in 探测深度电阻率曲线(M1RX 曲线)划分的薄层视厚度与岩心

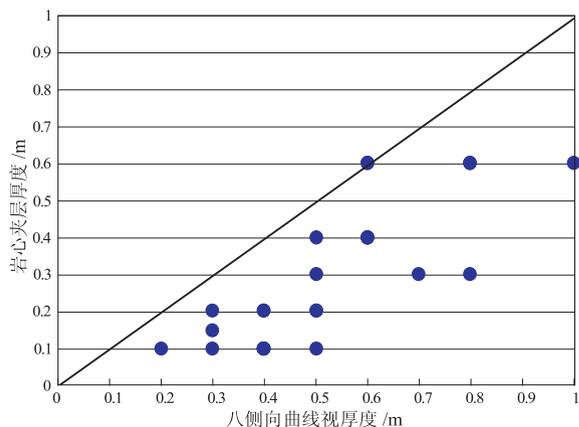


图2 八侧向曲线视厚度与岩心夹层厚度对比

Fig. 2 Comparison of thickness between LL8 curves and core interbeds

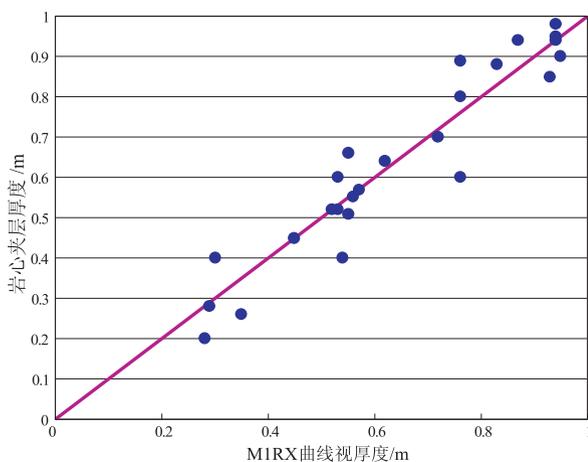


图3 M1RX 曲线视厚度与岩心夹层厚度对比

Fig. 3 Comparison of thickness between M1RX curves and core interbeds

厚度进行比较(图 3),误差很小,说明利用 M1RX 曲线划分薄层厚度可以达到较高的精度。

图 4 是利用 M1RX 曲线划分薄层厚度的实例,从 M35 井的岩心剖面上看,11 号砂层取心显示厚度油浸加油迹 0.95 m,根据 M1RX 曲线划分 11 号层视厚度为 0.9 m,二者基本吻合。研究认为 1 ft 分辨率曲线能够准确确定薄层界面、划分厚度。

### 2.3 确定薄层电阻率

阵列感应测井提供 18 条电阻率曲线,可以根据储层厚度来选择不同的电阻率曲线确定地层电阻率值。根据江苏探区阵列感应测井资料,绘制了利用 M1RX 曲线和 M2RX 曲线(2 ft 纵向分辨率 120 in 探测深度的电阻率曲线)确定的地层电阻率之差与储层厚度的关系(图 5)。对于厚度小于 1.1 m 的储

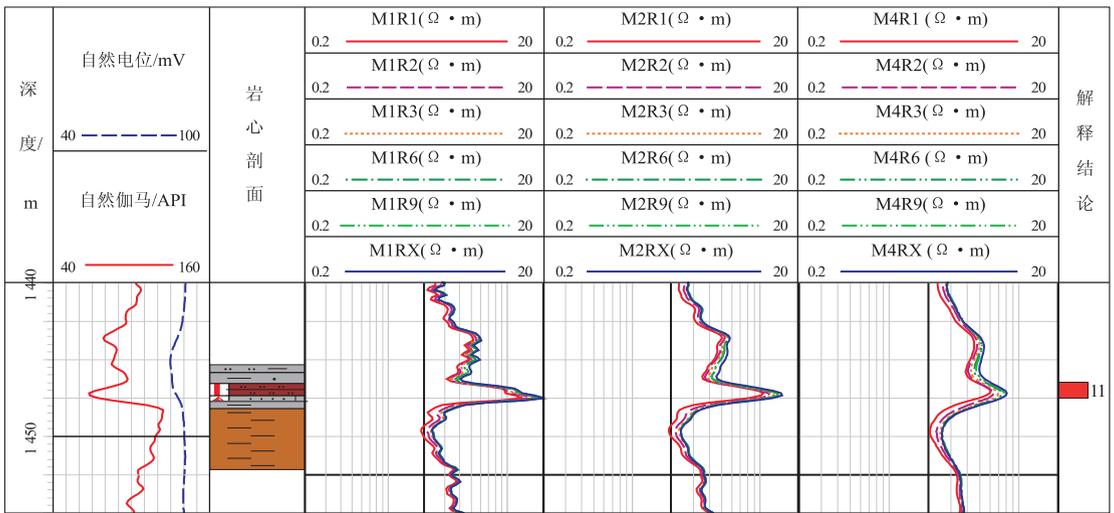


图4 M35井阵列感应测井解释成果

Fig.4 Interpretation results of well M35 by high resolution array induction logging

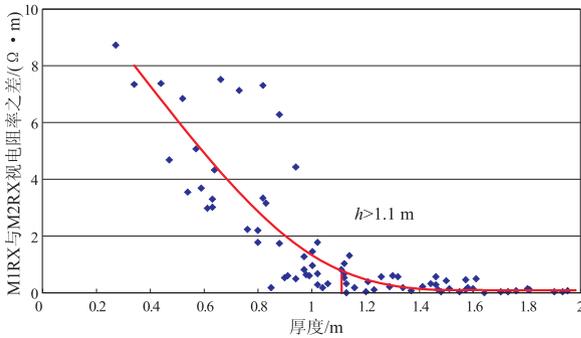


图5 储层厚度和M1RX与M2RX视电阻率差值交会图

Fig.5 Reservoir thickness vs. difference of M1RX and M2RX

层,M1RX与M2RX电阻率曲线确定的电阻率差值较大;厚度大于1.1m的储层,二者电阻率基本一致。因此,笔者将厚度1.1m作为薄储层的界限,对于厚度小于1.1m的薄层,有针对地选择分辨率最高、探

测深度最深的电阻率曲线确定电阻率值。

H17-27井的2790~2800m井段是由多个砂泥薄互层组合而成(图6),10,11号薄层厚度分别为0.7,0.9m,根据M1RX曲线确定这2层电阻率值为10Ω·m,达到该区的油层电阻率标准,可以将10,11号层解释为油层。而利用M2RX曲线确定10,11号层电阻率只有7~8Ω·m,分析认为M2RX测井或常规双感应测井主要由于纵向分辨率低,受泥质围岩影响导致薄层电阻率值偏低,不能反映油层的真电阻率。

### 2.4 确定薄层含油饱和度

由于泥质夹层等因素的影响,常规感应电阻率测量的薄层电阻率偏低,进而计算的薄层含油饱和度偏低。阵列感应1ft电阻率曲线确定薄层电阻率较正确,结合孔隙度曲线,能够得到精确的薄层

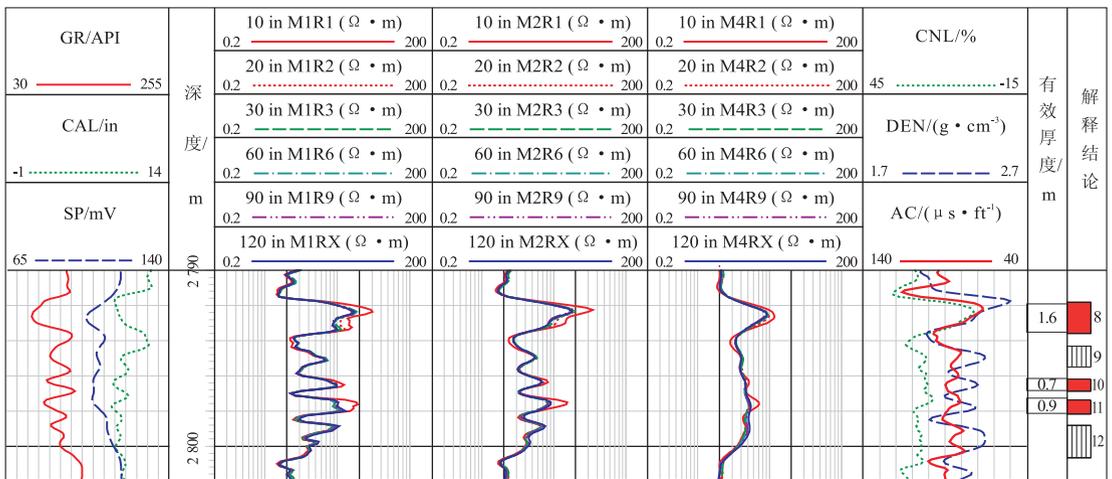


图6 H17-27井阵列感应测井解释成果

Fig.6 Interpretation results of well H17-27 by high resolution array induction logging

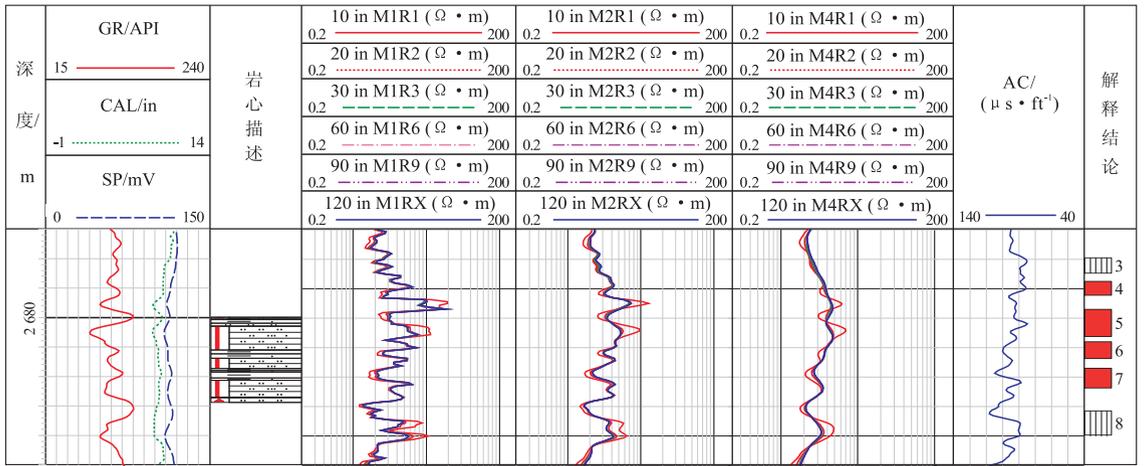


图7 WX19 井的阵列感应解释成果

Fig. 7 Interpretation results of well WX19 by high resolution array induction logging

表2 WX19 井测井解释饱和度与岩心饱和度对比

Table 2 Comparison of oil saturation between logging interpretation and core, well WX19

层号	厚度/ m	M1RX/ (Ω·m)	M2RX/ (Ω·m)	S <sub>01解</sub> / %	S <sub>02解</sub> / %	岩心分析		误差 (M1RX)		误差 (M2RX)	
						样品数/个	1-S <sub>w</sub> / %	S <sub>01解</sub> -S <sub>0</sub> / %	相对 误差/%	S <sub>02解</sub> -S <sub>0</sub> / %	相对 误差/%
5	1.61	5.7	5.2	60.3	58.3	5	61.6	-1.3	2.2	-3.3	5.7
6	0.7	4.5	4.3	57.6	56.5	2	56.6	1	1.7	-0.1	0.2
7上	0.6	6.2	4.4	60.3	52.1	1	61.9	-1.6	2.6	-9.8	18.8
7下	0.54	4.7	4.1	58.6	55.4	2	59.1	-0.5	0.8	-3.7	6.7
平均								1.1	1.8	4.2	7.8

含油饱和度<sup>[10]</sup>。

图7中WX19井的4~6号薄油层,根据不同纵向分辨率的电阻率曲线确定的薄层电阻率来计算含油饱和度(表2)。由表可见,利用M1RX曲线计算的含油饱和度与岩心分析值的平均相对误差为1.8%,误差远远低于根据M2RX曲线确定的含油饱和度值,更接近地层真实情况。

### 3 结论

高分辨率阵列感应测井是目前油田应用较为广泛的测井系列之一,它提高了电阻率测井评价储层的精度,特别是在薄储层评价上的优势更为明显。笔者利用阵列感应测井准确地识别薄油层或薄夹层、确定薄层真电阻率、判断油水层、划分厚度、计算含油饱和度,为薄储层的综合评价提供了重要成果。

### 参考文献:

- [1] 尹军强,温新房,陆风才,等. 5700 成像测井技术在江苏油气勘探中的应用[J]. 小型油气藏,2006,11(1):24-30.
- [2] 王昌学,谢树棋,作杰. 阵列型感应成像测井信号的软聚焦[J]. 江汉石油学院学报,1999,21(4):91-92.
- [3] 作杰,程建华,陈睿. 感应测井信号处理及应用研究[J]. 西安石油学院学报,2003,18(2):71-75.
- [4] 杨荣起,申建辉,王化伟,等. 高分辨率阵列感应测井仪在河南油田的应用[J]. 石油仪器,2006,20(5):56-60.
- [5] 梁巧峰,邵维志,王志克. 高分辨率阵列感应测井在储集层解释评价中的应用[J]. 测井技术,2003,27(3):228-232.
- [6] 张园园,申辉林,吴健. 测井新技术在薄层识别和评价中的应用[J]. 内江科技,2010(4):67-68.
- [7] 雍世和,张超谟. 测井数据处理与综合解释[M]. 东营:石油大学出版社,1996:270-283.
- [8] 周松源,蔡浩,芮响. 高分辨率阵列感应测井在断块油藏中的评价应用[J]. 内蒙古石油化工,2009(4):141-143.
- [9] 朱恩起,刘砾华,王艳春. 高分辨率阵列感应测井在油水层评价中的应用[J]. 石油和化工设备,2009(8):36-38.
- [10] 洪有密. 测井原理与综合解释[M]. 东营:石油大学出版社,1993:19-23.

(编辑 黄娟)